http://www.icn.unal.edu.co/ Caldasia 35(2):371-387. 2013

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO OPIA (TOLIMA-COLOMBIA) MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Water quality assessment of the Opia River (Tolima-Colombia), using macroinvertebrates and physicochemical parameters

Adriana Marcela Forero-Céspedes
Gladys Reinoso-Flórez
Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología, Universidad del Tolima. Altos de Santa Elena, Ibagué-Tolima, Colombia. Apartado 546. adrianam@ut.edu.co, greinoso@ut.edu.co

Carolina Gutiérrez
Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología, Universidad del Tolima. Altos de Santa Elena, Ibagué-Tolima, Colombia. Apartado 546. Graduate Degree Program in Ecology, Department of Biology, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 80523 (USA). carolinagutierrez@ut.edu.co; cgcol@rams.colostate.edu

RESUMEN

Durante los meses de septiembre y octubre de 2009, se realizó una caracterización biológica y fisicoquímica de la cuenca del río Opia, con el fin de estimar la calidad del agua a través de la fauna béntica y variables fisicoquímicas. Para esto, se seleccionaron 14 estaciones en donde se recolectó un total de 11573 macroinvertebrados acuáticos agrupados en 4 phyla, 7 clases, 16 órdenes, 50 familias y 98 géneros; y se evaluaron 14 parámetros fisicoquímicos y uno bacteriológico para establecer la influencia de éstos sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. A partir de los índices bióticos de familias por Hilsenhoff (IBF), Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) y *Biological Monitoring Working Party* Colombia (BMWP/Col) e índices fisicoquímicos como el índice de calidad de agua (ICA), el índice de contaminación por mineralización (ICOMI) e índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y se evalúo la calidad del agua. Las estaciones CR, EG, Ja, TP, Lc, EP, BD, QD y Et registraron la mejor calidad del agua, mientras que las estaciones BO, Tv, MF, PD y QO, registraron una calidad del agua regular, evidenciando la perturbación de los ecosistemas, afectando la calidad ecológica y fisicoquímica de las zonas. Este trabajo denota el uso de los índices bióticos y fisicoquímicos en los estudios del recurso hídrico, lo cual permite tener una información más amplia para el diagnóstico de las cuencas. Los resultados son relevantes y constituyen uno de los primeros esfuerzos en el departamento del Tolima en utilizar estas herramientas para conocer a fondo el estado de la cuenca y su grado de intervención.

Palabras clave. Fauna béntica, calidad del agua, río Opia, variables fisicoquímicas.

ABSTRACT

A biological and physicochemical characterization of the Opia river basin water quality was made from September to October 2009. A total of 14 sampling stations were

selected. 11573 macro-invertebrates were collected, belonging to 4 phyla, 7 classes, 16 orders, 50 families and 98 genera. Additionally, 14 physicochemical variables were measured to establish how they could influence aquatic macro-invertebrates. The biotic indexes of Hilsenhoff (IBF), Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) and the Biological Monitoring Working Party for Colombia (BMWP/Col) were calculated. Also the Water Quality Index (WQI), the Polution for Mineralization Index (ICOMI) and the Suspended Solid Index (ICOSUS) were calculated in order to assess the water quality of Opia river basin. The sampling stations CR, EG, Ja, TP, Lc, EP, BD, QD and Et had the best water quality; while BO, Tv, MF, PD and QO had a low water quality. These results showed that impact on the ecosystems is related to diminished water quality, affecting ecological and physicochemical quality of the water in the Opia river basin. This study emphasizes the use of biotic and physicochemical indexes in water resources research, which allows a more comprehensive diagnosis. These results constitute one of the first initiatives in the Tolima department to use these tools to get an insight of basin status and intervention degree.

Key words. Benthic fauna, water quality, Opia river basin, physicochemical variables.

INTRODUCCIÓN

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo los niveles de impacto a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable (Elosegi & Sabater 2009). El agua es un recurso vulnerable ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, entre otros, presentando efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Hahn-Vonhessberg *et al.* 2009).

La complicada situación actual de los ríos ha aumentado el interés general por conocer los factores que influyen en su dinámica, por lo que emplear distintas herramientas metodológicas permite realizar un diagnóstico general del estado de la cuenca y a la vez establecer juicios para el análisis de la calidad de agua (Springer 2010). Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos, pues al ser puntuales no muestran los impactos causados en los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo (Roldán 2003, Springer 2010). Es importante evaluar la biota acuática en forma paralela a la caracterización fisicoquímica (Reinoso *et al.* 2007a), ya que organismos como los macroinvertebrados acuáticos son muy sensibles a las alteraciones del medio, lo cual los posiciona como modelo indicador de la calidad del agua (Roldán 2003, Reinoso *et al.* 2007a, 2007b, Prat *et al.* 2009).

El uso de organismos como indicadores de la calidad del agua se basa en el hecho que ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará por tanto, en las estructuras de las comunidades que allí habitan (Roldán &

Ramírez 2008). En los últimos años se ha desarrollado un número importante de estudios a nivel taxonómico y ecológico de la fauna de macroinvertebrados en diferentes cuencas del departamento del Tolima (Reinoso 1998, 2001, Villa *et al*. 2003, 2005, Barreto *et al.* 2005, Carranza 2006, Caupaz 2006, Arias *et al*. 2007, Reinoso *et al*. 2007a, 2007b, 2008a, 2008b, 2009a, 2009b, 2010a, 2010b, López 2007, Gutiérrez 2007, Parra 2008, Vásquez *et al.* 2010, Bohórquez *et al.* 2011, Vásquez & Reinoso 2012) lo cual ha permitido generar una línea base sobre esta importante fauna dulceacuícola de la región.

El Tolima es un departamento rico en recursos hídricos, cuenta con un número importante de cuencas hidrográficas que abastecen los acueductos municipales y surten el agua para actividades agrícolas, ganaderas, y recreativas de la región. Estas dinámicas antropogénicas generan impactos relevantes en los cuerpos de agua incidiendo en el deterioro progresivo de este recurso. Basado en lo anterior se requiere determinar el estado actual de las cuencas hidrográficas desde el punto de vista físico, químico y biológico, para generar información de línea base que permita desarrollar estudios encaminados al análisis integral de la calidad del agua (Reinoso *et al.* 2007a).

Una de las cuencas más representativas del Tolima es la cuenca del río Opia, la cual beneficia a los municipios de Ibagué, Piedras y Coello. Nace en la parte urbana de la ciudad de Ibagué y en su recorrido es impactado por una fuerte actividad antropogénica (particularmente agropecuaria con predominancia del cultivo de arroz) lo cual ha incidido en la disminución de organismos sensibles a estos impactos e incremento de otros grupos tolerantes. Se han registrado a lo largo de la cuenca y en especial en tramos de las zonas bajas del río Opia los géneros *Neotrichia, Protoptila, Smicridea* y *Chimarra*, tricopteros considerados de amplia tolerancia a impactos generados por el tipo de uso del suelo y la urbanización (Vásquez & Reinoso 2012, Vásquez Ramos *et al*. en imprenta).

Dada la importancia del río Opia para la región, el presente estudio se enfocó a evaluar desde el punto de vista biológico y fisicoquímico, la calidad del agua de la cuenca, generando una información básica para estudios taxonómicos y ecológicos de diversos grupos de macroinvertebrados bioindicadores, que permitan implementar acciones de preservación y monitoreo de los ecosistemas acuáticos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio. La cuenca del río Opia está ubicada en la zona de vida de bosque seco tropical, al noroeste del departamento del Tolima, donde tienen jurisdicción los municipios de Ibagué, Piedras y Coello. Se localiza a los 75° 09´ Oeste - 4° 26´Norte y 74° 48´Oeste - 4° 33´Norte, con un área aproximada de 325.16 km^2 y una longitud de 65 km (Tabla 1). El río Opia nace a los 1038 m y desemboca en la margen izquierda del río Magdalena a los 254m. Limita al norte con la cuenca del río Chípalo, al sur con las microcuencas de las quebradas Guacarí y Chagualá, al oeste con la ciudad de Ibagué y al este con el municipio de Coello (Castañeda *et al.* 1989).

Tabla 1. Estaciones de muestreo evaluadas en la cuenca del río Opia.

Estación	Abrev.	Altitud (m)	Coordenadas[1]
R. Opia-Bocas de Opia	BO	230	4º 33' 05.7" N 74º 48' 44.1" O
R. Opia-Charco Redondo	CR	267	4º 33' 39.9" N 74º 49' 45.6" O
R. Opia-El Guadual	eG	277	4º 33' 30.2" N 74º 50' 14.5" O
R. Opia-La Jabonera	Ja	375	4º 31' 58.6" N 74º 53' 03.9" O
R. Opia-Los Tres Pegaos	TP	380	4º 32' 01.2" N 74º 53' 16.4" O
R. Opia-Lorencito	Lc	397	4º 31' 38.7" N 74º 53' 43.7" O
R. Opia-El Platanal	eP	428	4º 31' 05.9" N 74º 54' 22.2" O
R. Opia-Tovar	Tv	432	4º 30' 37.1" N 74º 54' 43.5" O
R. Opia-Bocas de Doima	BD	499	4º 28' 54.5" N 74º 56' 20.6" O
Q. Doima	QD	501	4º 28' 55.6" N 74º 56' 18.6" O
R. Opia-El Tambor	Et	541	4º 27' 17.4" N 74º 57' 22.5" O
R. Opia-Molino Federal	MF	689	4º 23' 58.3" N 75º 02' 08.2" O
R. Opia-Puente Doima	PD	626	4º 25' 51.8" N 74º 58' 51.9" O
Q. Opia	QO	936	4º 25' 04.6" N 75º 09' 03.4" O

[1]R = río; Q = Quebrada; N = Norte; O = Oeste; E = Estación de muestreo.

Recolecta de organismos. Se realizó un muestreo a lo largo de la cuenca durante el periodo de transición de verano a lluvias, teniendo en cuenta los registros pluviométricos históricos (~10 años), época correspondiente a los meses de septiembre y octubre de 2009. Con el objetivo de obtener la mayor información de la fauna béntica de la cuenca, se seleccionaron catorce estaciones con base en la cartografía disponible sobre usos del suelo, accesibilidad y tributarios del río (Tabla 1). Dada la heterogeneidad espacial del río Opia (diversidad de sustratos, zonas de rápidos, zona de remansos, entre otros), en cada estación de muestreo se requirió el empleo de diversos métodos de recolecta de macroinvertebrados acuáticos (red de pantalla con un poro de 500µm; red Surber con un poro de 250 µm y juego de tamices con tamaños de poros de 0.300mm, 0.500mm, 1.00mm, 2.00mm) a lo largo de 100 metros. El material recolectado se almacenó en frascos plásticos con formol al 10% siguiendo las recomendaciones de Roldán (1996), para su conservación. En el laboratorio se procedió a la limpieza y separación de los organismos mediante un estereoscopio Olympus SZ40 y un microscopio Olympus CH30. Los organismos recolectados se determinaron hasta el mínimo nivel taxonómico posible mediante claves y descripciones de Roldán (1996), Posada & Roldán (2003), Vieira (2004), Manzo (2005), Domínguez *et al.* (2006), Merrit & Cummins (2008), Domínguez & Fernández (2009). El material fue preservado en alcohol al 70% y se ingresó a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-Ma).

Parámetros físico-químicos y bacteriológicos. Paralelo a la recolección de material biológico se tomaron muestras de agua en frascos plásticos (con capacidad de 2000 ml) para el análisis de 10 variables físico-químicas (conductividad eléctrica, turbiedad, alcalinidad, dureza total, nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) en el laboratorio ambiental de CORCUENCAS siguiendo la metodología propuesta por APHA-AWWA-WEF (Tabla 2) (Clesceri*et al.* 1999); I*n situ* se registraron la temperatura del agua y aire, oxígeno disuelto (OD) y pH. Igualmente se tomaron muestras de agua en recipientes de vidrio esterilizados (con capacidad para 600 ml), para los análisis de coliformes fecales, los cuales se determinaron en el Laboratorio de Microbiología del Hospital Universitario Federico Lleras Acosta (Ibagué, Colombia). Todos los parámetros físico-químicos y bacteriológicos evaluados fueron la base para la aplicación de los índices de calidad del agua (ICA) e índices de contaminación (ICOMI e ICOSUS).

Tabla 2. Métodos y parámetros utilizados para los análisis de muestras fisicoquímicos en el río Opia.

Parámetro	Unidades	Método
conductividad eléctrica	µµχ/Σ	Electrométrico, mediante el conductímetro W.T.W. 330i con un sensor de temperatura
Turbiedad	UNT	Nefelométrico
DQO	mg O_2/L	Titulométrico 5220--C
DBO_5	mg O_2/L	Titulométrico 5210-B
Alcalinidad Total	$CaCO_3$/L	Titulación por técnica volumétrica
Dureza Total	$CaCO_3$/L	Volumétrico con EDTA
Sólidos totales	mg/L	Gravimétrico 2540-B
Sólidos suspendidos totales	mg/L	Gravimétrico 2540-D
Fosfatos	mg PO_4/L	Método 8048 de HACH, Método de ácido ascórbico basado en el Método 4500 P E del standard methods
Nitratos	mg NO_3/L	Método 8039 de HACH, método de reducción de cadmio basado en el Método 4500 E del standard methods.

Análisis de datos. Se analizó el material biológico; para el caso de los órdenes Diptera y Odonata, se tomó la información registrada en los estudios de Oviedo *et al.* (2010) y de González & Reinoso (2010), evaluando así toda la fauna béntica de la cuenca del río Opia recolectada durante la misma época de muestreo.

Con el paquete estadístico PastProgram® 2004 se estimaron en la cuenca los índices de riqueza de Margalef (D) y de diversidad de Shannon-Wiener (H'): D = S-1/ ln (n) y H' = Σ (ni/N) ln (ni/N) (Hammer *et al*. 2001). Igualmente se analizó el índice de similitud de Jaccard a partir de matrices de presencia-ausencia, de las familias recolectadas en cada uno de los puntos de muestreo, con el fin de detectar la similaridad entre las estaciones evaluadas. La relación entre los datos ambientales y la abundancia de las especies se evaluó mediante un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), con el programa CANOCO versión 4.5 (Braak & Smilauer, 2009).Las variables fisicoquímicas fueron transformadas utilizando log (xt+1) mientras que en la matriz de los taxones se utilizó raíz cuadrada (x) para la transformación de los datos. Los resultados se presentan en un diagrama de ordenamiento formado por un sistema de ejes donde se muestran las familias y variables ambientales.

Para el análisis de la calidad del agua se emplearon los índices bióticos: el de familias por Hilsenhoff (1988) (IBF= Σni*ai/N); Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) (Klemm*et al*. 1990):

$$EPT = \frac{\text{EPT Total x 100}}{\text{Abundancia total}}$$

Y el *Biological Monitoring Working Party*/ Colombia (BMWP/Col) modificado por Roldán (2003). El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Roldán & Ramírez, 2008).

La información de las variables físico-químicas permitió determinar el índice de calidad de agua (ICA, propuesto por la National Sanitation Foundation para ríos norteamericanos, Behar *et al*. 1997), el cual tiene en cuenta los valores de oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DQO, temperatura del agua, fosforo total, nitratos, turbiedad y sólidos totales reunidos en una suma lineal ponderada.

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i W_i}{100}$$

Adicionalmente para dar una mirada integral sobre la calidad del agua de la cuenca se calcularon los índices propuestos para Colombia por Ramírez & Viña (1998): De contaminación por mineralización (ICOMI = 1/3 (I. Conductividad + I. Dureza + I. Alcalinidad) y de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS-0.02 + 0,003 Sólidos suspendidos (mg/L)).

RESULTADOS

Se recolectó un total de 11573 macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 4 phyla (Annelida, Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes), 7 clases, 16 órdenes, 50 familias y 98 géneros (Tabla 3). El Phyllum Arthropoda, presentó la mayor abundancia relativa (95.81%), y estuvo representado por las clases Arachnoidea, Crustacea e Insecta; siendo la última la más diversa y abundante en la cuenca del río Opia con el 95.20% (Tabla 4). El Phyllum Platyhelminthes estuvo representado por la clase Tricladida. A nivel de los órdenes encontrados, Díptera (31.80%,) fue el más abundante, seguido por Ephemeroptera (28.36%), Trichoptera (15.97%) y Coleoptera (15.23%); y los menos abundantes fueron los órdenes Glossiphoniiformes (0.02%) y Tricladida (0.01%).

Las familias más abundantes fueron Chironomidae (34,74), Leptohyphidae (21,95), Elmidae (14,17), Hydropsychidae (8,83), Philopotamidae (4,97), Leptophlebiidae (4,50), Hydrobiidae (3,02), Hydroptilidae

(1,18) y Baetidae (1,62), mientras que las demás registraron una abundancia < 1% (Figura 1). En cuanto a los taxones encontrados, los más abundantes fueron *Rheotanytarsus* sp1 (11,84%), *Haplohyphes* (11,51), *Smicridea* (7,78%), *Polypedilum* (7,47%), *Microcylloepus* (6,86%) y *Traverhyphes* (5,92%). Los demás presentaron una abundancia inferior al 5% (Figura 2).

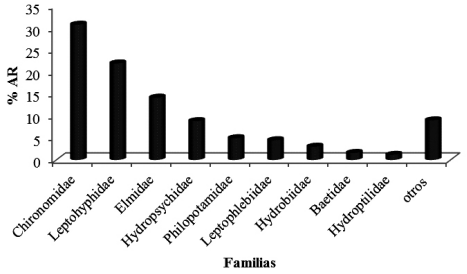

Figura 1. Porcentaje de abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la cuenca del río Opia, Tolima-Colombia, en los meses de septiembre y octubre de 2009.

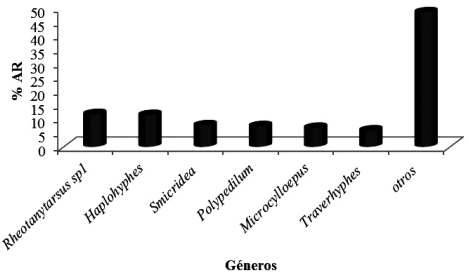

Figura 2. Porcentaje de abundancia relativa de los géneros de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la cuenca del río Opia, Tolima-Colombia, en los meses de septiembre y octubre de 2009.

Distribución Espacial. La abundancia de los organismos fue heterogénea dentro de la cuenca, encontrándose la abundancia más alta de macroinvertebrados acuáticos en la QO (18.12%) (Figura 3). En contraste BO (0.31%), fue la estación que presentó la menor abundancia y se localiza en la parte más baja de la cuenca cerca de la desembocadura del río Opia al río Magdalena. La estación Lc (10.27%), aunque no presentó una abundancia relevante para la cuenca del río Opia, fue la que registró el mayor número de órdenes, familias y géneros.

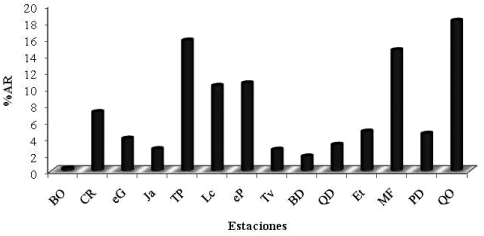

Figura 3. Porcentaje de abundancia relativa de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en las catorce (14) estaciones muestreadas en la cuenca del río Opia, Tolima-Colombia, en los meses de septiembre y octubre de 2009.

Índices Ecológicos. El valor más alto del índice de riqueza de Margalef se encontró en la estación Et (Figura 4), la cual presentó una mayor velocidad de la corriente y diversidad de sustratos (rocas, hojarasca, troncos, roca, grava y arena) para los organismos; mientras que la estación BO registró el valor más bajo de riqueza. La diversidad de Shannon-Wiener se comportó de una forma similar a la riqueza

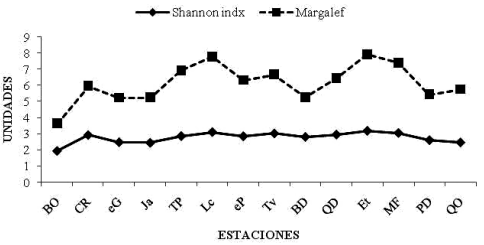

Figura 4. Variación espacial de los valores de riqueza de Margalef (D), diversidad de Shannon-Wiener (H') para los macroinvertebrados acuáticos encontrados en las catorce (14) estaciones muestreadas en la cuenca del río Opia, Tolima-Colombia en los meses de septiembre y octubre de 2009.

Tabla 3. Macroinvertebrados encontrados en la cuenca del río Opia, en los meses de septiembre y octubre de 2009.

Familia	Género	Total
PHYLUM: Annelida **CLASE:** Hirudinea **ORDEN:** Glossiphoniiformes		
Indeterminado	indeterminado	2
CLASE: Oligochaeta **ORDEN:** Haplotaxida		
Indeterminado	indeterminado	83
PHYLUM: Mollusca **CLASE:** Gastropoda **ORDEN:** Basommatophora		
Hydrobiidae	indeterminado	350
Physidae	indeterminado	7
Planorbidae	indeterminado	1
ORDEN: Mesogastropoda		
Thiaridae	indeterminado	41
PHYLUM: Arthropoda **CLASE:** Arachnoidea **ORDEN:** Acari		
Indeterminado	indeterminado	43
CLASE: Crustácea **ORDEN:** Decapoda		
Indeterminado	Indeterminado	28
CLASE: Insecta **ORDEN:** Coleoptera		
Chrysomelidae	*Donacia*	1
Dytiscidae	*Copelatus*	1
Elmidae	*Cylloepus*	15
	Disersus	53
	Heterelmis	4
	Hexacylloepus	149
	Macrelmis	422
	Microcylloepus	794
	Phanocerus	7
	Indeterminado 1	14
	Indeterminado 2	182
Hydrophilidae	*Tropisternus*	7
Lutrochidae	*Lutrochus*	2
Psephenidae	*Psephenops*	105
Scarabaeidae	indeterminado	1
Tenebrionidae	indeterminado	5
ORDEN: Diptera		
Ceratopogonidae	*Atrichopogon*	1
	Aullaudomia	25
	Ceratopogon	33
	Probezzia	15
	Serromyia	1
Chironomidae	*Cardiocladiussp.*	55
	Clinotanypussp	5
	Corynoneura	22
	Cryptotendipescf	77
	Dicrotendipescf	84
	Eukiefferiellacf	245
	Fissimentumsp.	90
	Fittkauimyiasp	17
	Heterotrissocladiuscf	41
	Lopescladius	9
	Pentaneuracf	174
	Polypedilum	865
	Rheotanytarsus sp1	1370
	Rheotanytarsus sp2	112
	Tanypodinae 1	102
	Tienenmaniella	283
	Xestochironomus	6
Dolichopodidae	*Rhaphium*	2
Ephydridae	indeterminado	3
Muscidae	indeterminado	2
Psychodidae	*Maruina*	12
Simuliidae	indeterminado*	26
Tipulidae	*Limonia*	3
ORDEN: Ephemeroptera		
Baetidae	*Americabaetis*	7
	Baetodes	45
	Camelobaetidius	35
	Cloeodes	76
	indeterminado*	13
	Nanomis	1
	Paracloeodes	10
Caenidae	*Caenis*	19
Leptohyphidae	*Haplohyphes*	1332
	Leptohyphes	489
	Traverhyphes	685
	Tricorythodes	34
Leptophlebiidae	*Choroterpes*	8
	Farrodes	1
	indeterminado*	1
	Terpides	1
	Thraulodes	283
	Traverella	227
Polymitarcyidae	*Campsurus*	6
Indeterminado*	indeterminado*	9
ORDEN: Hemiptera		
Corixidae	*Tenagobia*	102
Gerridae	*Trepobates*	1
Mesoveliidae	*Mesoveloidea*	6
Naucoridae	*Cryphocricos*	9
Nepidae	*Curicta*	1
	Ranatra	1
Notonectidae	*Marterega*	17
Pleidae	*Paraplea*	2
Veliidae	*Microvelia*	3
	Platyvelia	1
	Rhagovelia	51
ORDEN: Lepidoptera		
Crambidae	*Oxyelophilacf*	1
	Petrophilla	39
	Symclita	2
	indeterminado	2
Indeterminado	indeterminado	3
ORDEN: Megaloptera		
Corydalidae	*Corydalus*	26
ORDEN: Odonata		
Calopterigidae	*Hetaerina*	26
Coenagrionidae	*Acanthagrion*	8
	Argia	102
Libellulidae	*Brechmorhoga*	2
	Dythemis	2
	Erythemis	1
	Macrothemis	3
	Perithemis	2
Platystictidae	*Paleamnema*	5
ORDEN: Plecoptera		
Perlidae	*Anacroneuria*	27
ORDEN: Trichoptera		
Calamoceratidae	*Phylloicus*	2
Glossosomatidae	*Protoptilia*	18
Helicopsychidae	*Helicopsyche*	48
Hydropsychidae	*Leptonema*	122
	Smicridea	900
Hydroptilidae	*Hydroptila*	42
	indeterminado*	2
	Leucotrichia	3
	Metrichia	2
	Neotrichia	82
	Zumatrichia	6
Leptoceridae	*Nectopsyche*	3
	Triplectidaes	1
Odontoceridae	*Marilia*	2
	indeterminado*	6
Philopotamidae	*Chimarra*	572
	Worlmaldia	3
Polycentropodidae	*Polycentropus*	34
PHYLUM: Platyhelminthes **CLASE:** Turbellaria **ORDEN:** Tricladida		
Planariidae	indeterminado	1
TOTAL		11573

*indeterminado: organismos inmaduros y/o en mal estado para su determinación.

de Margalef, evidenciándose el valor más bajo en la estación BO. Igualmente el análisis de similitud de Jaccard permitió detectar que esta estación permaneció externa a cada uno de los grupos (Figura 5).

El ACC muestra dos tipos de agrupamientos, en el primero se relaciona marcadamente variables fisicoquímicas asociadas a materia orgánica (fosfatos, DQO, nitratos, solidos suspendidos, turbiedad y coliformes fecales) con las familias Chironomidae, Hydropsychidae y leptohyphidae, las cuales fueron las más abundantes en el estudio. El segundo grupo relaciona variables fisicoquímicas asociadas a procesos de mineralización (alcalinidad, dureza, pH, conductividad eléctrica), con las restantes familias, siendo relevantes Hydroptilidae, Elmidae e Hydrophylidae (Figura 6).

Evaluación de la calidad del agua. En todas las estaciones evaluadas el ICOMI reflejó un alto nivel de contaminación por mineralización, mientras que el ICOSUS reportó un muy bajo nivel de contaminación por sólidos suspendidos (Tabla 5). En cuanto a los otros índices empleados la estación TP

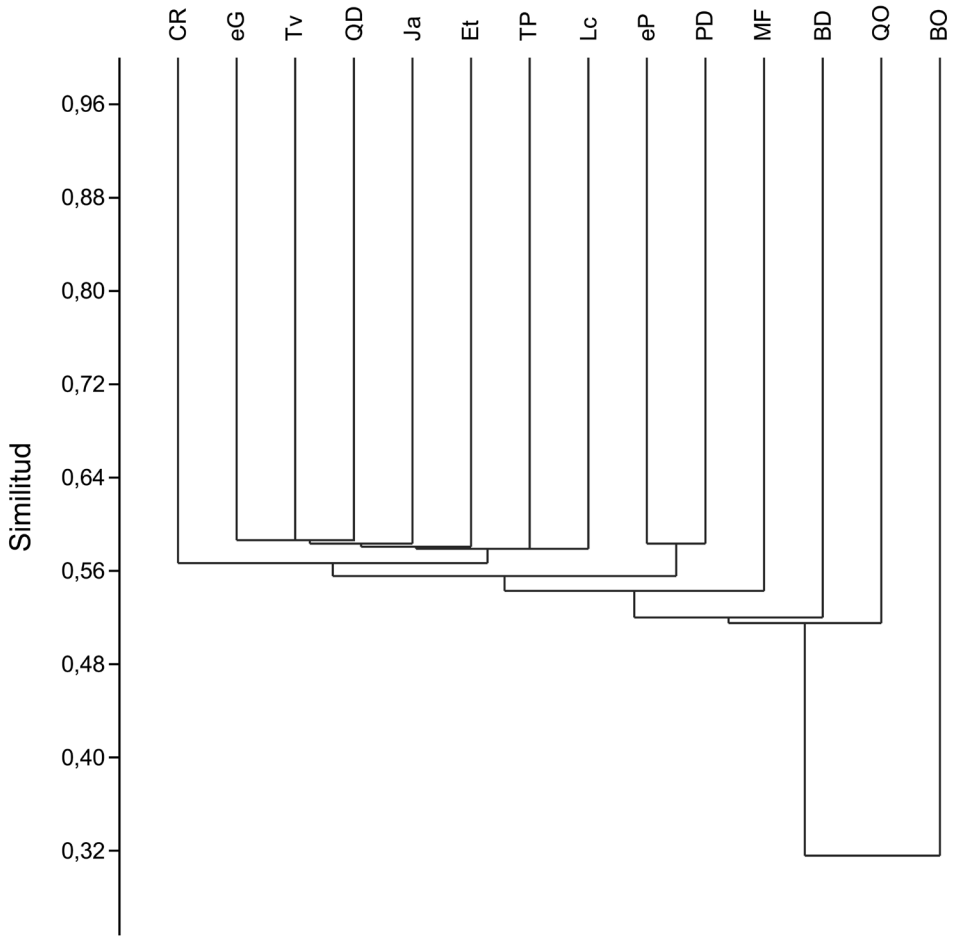

Figura 5. Diagrama de agrupamiento Jaccard de catorce estaciones de muestreo en la cuenca del río Opia, Tolima-Colombia, en los meses de septiembre y octubre de 2009.

registró una buena calidad de agua a nivel biológico (BMWP: 189; IBF: 4,08 y EPT: 57) y fisicoquímico (ICA: 77), evidenciando condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de la fauna béntica.

A diferencia de lo anterior las estaciones CR, Ja y EP, presentaron una calidad de agua buena a nivel de los índices biológicos y regular desde el punto de vista fisicoquímico (BMWP:132; IBF: 4,86, EPT:58 e ICA:55), (BMWP:105; IBF:4, 37, EPT:55 e ICA:53) y (BMWP:136; IBF:4,58, EPT:63 e ICA: 69), respectivamente. De otra parte, la estación BD presentó una calidad de agua buena desde el punto de vista fisicoquímico (ICA: 83); pero a nivel biológico hubo variación, los índices BMWP/Col (101) y EPT (60) registraron una buena calidad, el IBF (5,96) registró una calidad de agua regular-pobre. También la estación QD registró una calidad fisicoquímica buena (ICA: 84), pero a nivel biológico se presentó una diferencia de resultados entre los índices utilizados. Con los índices IBF (4,87) y BMWP/Col (138) la calidad de agua reportada es buena, mientras que con el índice EPT (47) la calidad de agua es regular.

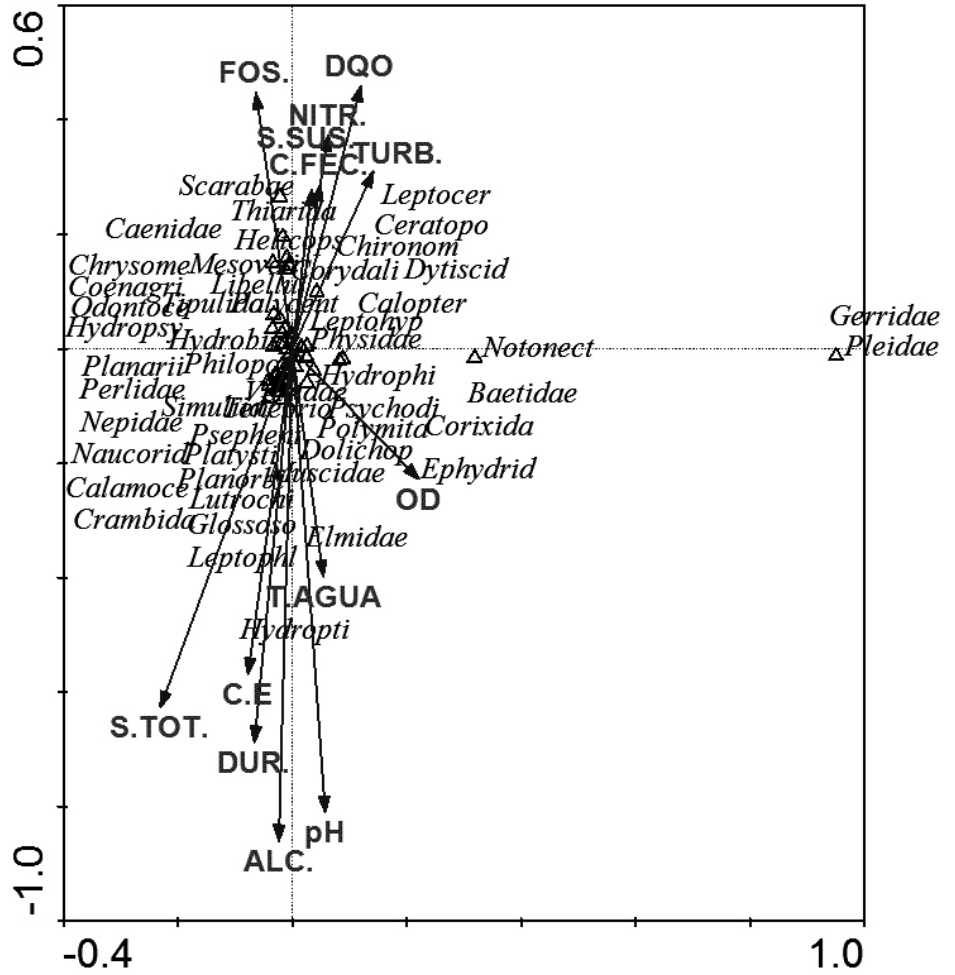

Figura 6. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica de la fauna de macroinvertebrados y variables fisicoquímicas de la cuenca del río Opia, Tolima-Colombia.

Tabla 4. Abundancia relativa de las clases de macroinvertebrados encontrados en la cuenca del río Opia, en los meses de septiembre y octubre de 2009.

CLASE	Arachnoidea	Crustacea	Gastropoda	Hirudinea	Insecta	Oligochaeta	Turbellaria	Total
TOTAL	43	28	399	2	11017	83	1	11573
AR%	0.37	0.24	3.45	0.02	95.20	0.72	0.01	100

Tabla 5. Análisis comparativo entre índices bióticos y fisicoquímicos para la determinación de la calidad del agua en la cuenca del río Opia.

ESTACIÓN	IBF	BMWP/Col.	EPT	ICA	NIVEL DE CONTAMINACIÓN ICOMI	NIVEL DE CONTAMINACIÓN ICOSUS
Bocas de Opia	Muy buena (3,89)	Dudosa (55)	Regular (39)	Regular (54)	Muy Alta (0,82)	Ninguna (0,04)
Charco Redondo	Buena (4,86)	Buena (132)	Buena (58)	Regular (55)	Muy Alta (0,84)	Ninguna (0,05)
El Guadual	Muy buena (4,22)	Buena (139)	Regular (47)	Regular (50)	Muy Alta (0,86)	Ninguna (0,03)
La Jabonera	Buena (4, 37)	Buena (105)	Buena (55)	Regular (53)	Muy Alta (0,89)	Ninguna (0,01)
Los Tres Pegaos	Muy buena (4,08)	Buena (163)	Buena (57)	Buena (77)	Muy Alta (0,97)	Ninguna (0,00)
Lorencito	Buena (4,62)	Buena (189)	Regular (36)	Regular (67)	Muy Alta (0,96)	Ninguna (0,00)
El Platanal	Buena (4,58)	Buena (136)	Buena (63)	Regular (69)	Muy Alta (0,96)	Ninguna (0,04)
Tovar	Regular (5,39)	Buena (142)	Regular (36)	Regular (66)	Muy Alta (0,95)	Ninguna (0,00)
Bocas de Doima	Regular –Pobre (5,96)	Buena (101)	Buena (60)	Buena (83)	Muy Alta (0,92)	Ninguna (0,00)
Q. Doima	Buena (4,87)	Buena (138)	Regular (47)	Buena (84)	Muy Alta (0,96)	Ninguna (0.00)
El Tambor	Buena (4,74)	Buena (170)	Regular (29)	Regular (64)	Muy Alta (0,91)	Ninguna (0,00)
Molino Federal	Regular (5,16)	Buena (162)	Regular (38)	Buena (79)	alta (0,76)	Ninguna (0,04)
Puente Doima	Regular (5,69)	Buena (118)	Regular (31)	Buena (74)	Muy Alta (0,91)	Ninguna (0,00)
Q. Opia	Regular (5,68)	Buena (145)	Regular (23)	Regular (55)	alta (0,76)	Ninguna (0,02)

Es de resaltar que las estaciones EG, Lc y Et, presentaron una calidad regular a nivel fisicoquímico (ICA: 50; 67 y 64 respectivamente) y a nivel biológico con el índice EPT (47; 36 y 29 respectivamente) y una calidad buena con los índices IBF (4,22; 4,62 y 4,74 respectivamente) y BMWP/Col (139; 189 y 170 respectivamente). A diferencia las estaciones MF y PD, presentaron una calidad buena a través del ICA (79 y 74 respectivamente) y buena a nivel biológico con el índice BMWP/Col (162 y 118 respectivamente), y regular con los índices IBF (5,16 y 5,69 respectivamente) y EPT (38 y 31 respectivamente). Es de relevar que el índice BMWP/Col tiene en cuenta solo la presencia de las familias y no su abundancia, aspecto que si lo contempla los índices bióticos IBF y EPT.

En las estaciones QO y Tv, los valores del ICA (55y 66 respectivamente) y los índices IBF (5,68 y 5,39 respectivamente) y EPT (23 y 36 respectivamente), evidenciaron una calidad de agua regular, pero con el BMWP/Col (145 y 142 respectivamente) la calidad de agua fue buena. En contraste la estación BO, registró una calidad del agua regular en los índices aplicados para su determinación (BMWP: 55, EPT: 39 e ICA: 54), con excepción del índice IBF (3,89) en donde se reportó una muy buena calidad. De manera general para esta estación la calidad del agua fue regular,

pues se localiza en la zona más baja de la cuenca cerca de la desembocadura en el río Magdalena encontrándose expuesto a recibir todas las descargas del río y sus afluentes, lo cual se refleja en la baja abundancia, riqueza y diversidad registradas.

DISCUSIÓN

La integración de los índices ecológicos, bióticos y fisicoquímicos de calidad del agua y contaminación, permiten determinar la calidad del agua de forma más precisa y exacta, pues se genera un acercamiento más holístico al estado de los cuerpos de agua. La cuenca del río Opia presentó una alta abundancia, riqueza y diversidad de macroinvertebrados acuáticos, siendo los órdenes Díptera y Ephemeroptera (Tabla 3) los más representativos al igual que en estudios anteriores en el departamento, realizados para la cuenca del río Coello (Villa *et al*. 2003), cuenca del río Prado (Villa *et al.* 2005a), parte baja de la cuenca del río Amoyá (Villa *et al.* 2005b), cuenca mayor del río Saldaña-Subcuenca Anamichú (Reinoso *et al.* 2008) y cuenca mayor del río Recio (Reinoso *et al.* 2009a); mientras que los organismos del Phyllum Platyhelminthes, representado por la clase Tricladida, presentaron la menor abundancia para la cuenca. Posiblemente su presencia fue limitada por el alto número de macroinvertebrados acuáticos encontrados, ya que según Roldán & Ramírez (2008) los principales competidores de los Platyhelminthes son los insectos acuáticos de hábitos depredadores, los nematodos, anélidos y algunos crustáceos.

La gran abundancia de la familia Chironomidae ha sido reportada en diferentes estudios realizados en el departamento del Tolima (Carranza 2006; Villa *et al.* 2003; Villa *et al* 2005a; Vásquez & Reinoso 2012) esto se puede relacionar con la capacidad que tienen estos organismos para sobrevivir en diferentes tipos de hábitats y tolerar ambientes enriquecidos de carga orgánica residual. Igualmente este grupo de organismos tiene algunas ventajas sobre otros insectos, como tolerancia a la presencia de materia orgánica, alta disponibilidad de alimento (Caicedo & Palacio 1998).La alta abundancia de Leptohyphidae detectada en el presente estudio, coincide con lo reportado para el departamento del Tolima por Reinoso & Vásquez (2012) en los río Alvarado, Venadillo, Hereje y Cambrín y contrasta con los estudios realizados Villa *et al*. (2003), Villa *et al*. (2005a), Gutiérrez (2007), Reinoso *et al.* (2008b) y Reinoso *et al*. (2009a).

El orden Trichoptera, presentó también una abundancia relevante en la cuenca del río Opia. Hydropsychidae fue la familia más abundante, probablemente porque poseen la capacidad para sobrevivir en diferentes tipos de hábitats, que le ofrezcan el sustrato necesario como rocas, piedras, hojas, arena y grava. Estos organismos pueden tolerar aguas con un poco de perturbación (Roldán 1996), cualidad que posiblemente le permitió a esta familia ser la más abundante para la cuenca del Río Opia. Estos resultados coinciden con los realizados por Guevara (2004), Villa *et al*. (2005a), López (2007), Reinoso *et al.* (2008a), Vásquez *et al.* (2010). Igualmente la abundancia de la familia Philopotamidae fue relevante en la cuenca a pesar de ser poco comunes (Roldán 1996), estos resultados coinciden con los reportado por Vásquez *et al*. (en imprenta) para la cuencas del río Opia y Venadillo

Elmidae fue la familia más abundante del orden Coleoptera; estos organismos se caracterizan por ser principalmente acuáticos. Según Caupaz (2006) desarrollan características fisiológicas y morfológicas que le permiten vivir en diferentes hábitats acuáticos. Además la mayoría de sus géneros son propios de aguas lóticas y viven adheridos a una gran variedad de sustratos sumergidos (Arias 2007).

La estación QO a pesar de que es un cuerpo de agua relativamente pequeño y tributario del río Opia, registró la mayor cantidad de organismos, posiblemente se deba a que posee abundante vegetación, presencia de rocas, troncos, hojarasca y baja velocidad de corriente, que permiten establecer un hábitat ideal para los organismos (Vásquez & Reinoso 2012). Díptera, fue el orden que más aprovecho la oferta de hábitat y las condiciones ecológicas, fisicoquímicas y bacteriológicas de la estación.

La estación Et se caracterizó por presentar la mayor diversidad y riqueza de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca, lo cual puede relacionarse con el hecho de presentar una alta velocidad de la corriente y una mayor oferta y variedad de sustrato para los organismos como rocas, hojarasca, troncos, grava y arena, favoreciendo su desarrollo ya que la mayoría prefieren vivir en estas condiciones (Vásquez & Reinoso 2012). Así mismo, la estación Lc, presento una riqueza alta ya que se caracterizó por presentar una velocidad de corriente baja y una profundidad mayor, características que probablemente facilitaron la supervivencia de los organismos, ya que la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos registrados en este estudio por lo general se desarrollan en aguas con baja velocidad de la corriente (Roldán 1996).

A diferencia de lo anterior, la estación BO presentó la menor riqueza y diversidad para la cuenca, encontrándose una alta abundancia por parte de la familia Leptohyphidae (Ephemeroptera). Posiblemente esta familia es tolerante a las condiciones ecológicas y fisicoquímicas ofrecidas en la estación. Además, la baja diversidad y riqueza de la estación se puede relacionar con el hecho de que se encuentra en la parte más baja de la cuenca, hacia esta parte en las cuencas se produce deterioro en la calidad de las aguas producto de los múltiples efluentes recibido (Ramírez & Viña 1998), lo que altera el ecosistema acuático y restringe el desarrollo de los macroinvertebrados acuáticos; por lo que se encuentran solo aquellos organismos que pueden colonizar diferentes tipos de hábitat y que posean la capacidad para resistir las variaciones del medio.

Los índices de contaminación (ICO), son complementarios en sentido ecológico, y por lo tanto, permiten precisar problemas ambientales, y con ello profundizar en la identificación de taxones con potencial indicador (Ramírez & Viña 1998). En todas las estaciones evaluadas el ICOMI reflejó un alto nivel de contaminación por mineralización, esto posiblemente se deba a que es una característica natural de la cuenca ya que las poblaciones de organismos no se encontraron afectadas de forma negativa por este factor y se mantiene una buena calidad ecológica evidenciada a través de los índices bióticos y ecológicos (Posada *et al.* 2000). El ICOSUS reportó un muy bajo nivel de contaminación por sólidos suspendidos, por lo que se podría inferir que los diferentes resultados obtenidos en índices como IBF, BMWP/Col, EPT e ICA podrían indicar que la calidad del agua de la cuenca no se relaciona con las variables empleadas en los índices contaminación.

En la estación BD al comparar el índice IBF con los otros índices bióticos BMWP/Col y EPT se puede observar que los organismos que cataloga indicadores de aguas perturbadas, posiblemente en la cuenca encontraron un hábitat ideal para su desarrollo, lo que no se relaciona con problemas de intervención antrópica; por lo que la calidad biológica del agua para esta estación podría considerarse como buena.

En las estaciones EG, Lc y Et las variaciones de los resultados de los índices permiten ver desde varias perspectivas la calidad general de un cuerpo de agua, pues la presencia de Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros en la estación pudo estar influenciada por la calidad

regular reportada en el ICA. En los resultados obtenidos por los índices IBF y BMWP/Col, probablemente influyó la amplia diversidad y abundancia de familias allí encontradas; las cuales poseen la capacidad de soportar una calidad de agua regular (determinada a través del ICA), que puede ser producida por un cambio en el instante de tomar la muestra, aumentando la puntuación de los índices biológicos y catalogando así la calidad del agua de las estaciones como buena. Por lo tanto para estas estaciones la calidad general del agua se puede considerar como buena, tal y como afirman Posada *et al.* (2000), en casos donde se presenta una abundancia, riqueza y diversidad relativamente alta.

En las estaciones QO y Tv la buena calidad del agua reportada por el BMWP/Col posiblemente este influenciado por la presencia de familias que presentaban una alta puntuación de calidad pero con una muy baja abundancia. Por lo tanto de manera general se puede catalogar la calidad del agua para las estaciones como regular. Así mismo en la estación BO posiblemente el resultado del IBF se halló afectado con el hecho de que se encontraron muy pocas familias que presentaban puntajes altos de tolerancia a la contaminación pero con muy baja abundancia reportando un valor bajo que cataloga el agua como de buena calidad.

Con respecto a las estaciones MF y PD, los valores BMWP/Col, mostraron algunas familias que registraron una alta puntuación como indicador de buena calidad del agua, pero presentaron una baja abundancia de organismos. Sin embargo aunque se reporte un ICA bueno, cabe resaltar que este índice reporta una información puntual que no refleja las posibles perturbaciones a los ecosistemas que se estén llevando a lo largo del tiempo, como si lo hacen los macroinvertebrados acuáticos, por lo que se puede catalogar de manera general la calidad del agua para estas estaciones como regular.

En los casos donde la calidad biológica es buena y la fisicoquímica medida a través del ICA fue regular, demuestran que probablemente existió algún tipo de descargas puntuales de desechos orgánicos y/o inorgánicos al momento de tomar la muestra, que no afectó a las comunidades biológicas a largo plazo. Así mismo donde se encontró una calidad buena medida a través del ICA, y en los índices bióticos BMWP/Col y EPT, pero una calidad regular-pobre a través del índice IBF, posiblemente se relaciona con el hecho que el IBF toma en cuenta tanto las familias encontradas como su abundancia, y al aplicarlo se encontró una alta abundancia de familias con alta puntuación en la tolerancia a las variaciones de los ecosistemas. Entre tanto donde se registró una calidad buena medida a través del ICA, y en los índices bióticos BMWP/Col e IBF, pero una calidad regular en el índice EPT, posiblemente se deba a que no se registraron Plecópteros y las poblaciones de Tricópteros estuvieron limitadas probablemente por factores ecológicos propios de la cuenca como tipo de sustrato, organismos depredadores o vegetación asociada, lo que llevó a obtener un EPT regular. Al comparar los resultados de los índices se puede observar la presencia de otros organismos que permiten establecer una buena calidad de agua.

En general, las estaciones CR, EG, Ja, TP, Lc, EP, BD, QD y Et presentaron una buena calidad del agua, ya que poseen las características apropiadas tanto a nivel ecológico como fisicoquímico. A diferencia de lo anterior, las estaciones BO, Tv, MF, PD y QO presentaron una calidad del agua regular, indicando que existe un proceso de intervención antrópica que limita el desarrollo de la fauna béntica y que representa una disminución en la calidad del agua. Evaluar los diferentes resultados de calidad del agua medidos a través de índices ecológicos, bióticos y fisicoquímicos, permitió conocer ampliamente el estado de la cuenca del río Opia, dando lugar a mejorar y complementar

la interpretación de los resultados obtenidos mediante los índices empleados, siendo este estudio la primera propuesta en el Tolima para la evaluación general de la calidad del agua de una cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al comité central de investigaciones de la Universidad del Tolima y a la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA, por la financiación del proyecto. Al Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) de la Universidad del Tolima por su colaboración tanto en la fase de campo como de laboratorio. Contribución # 425 del Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) de la Universidad del Tolima.

LITERATURA CITADA

Arias, D, G. Reinoso, G. Guevara & F. Villa. 2007. Distribución espacial y temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). Caldasia 29 (1):177-194.

Barreto, G., G. Reinoso, G. Guevara & F. Villa. 2005. Primer registro de Gripopterygidae (Insecta: Plecoptera) para Colombia. Caldasia 27 (2): 243-246.

Behar, R., M.C. Zuñiga & O. Rojas. 1997. Análisis y valoración del índice de calidad de agua (ICA) de la NSF: El caso de los ríos Cali y Meléndez (Cali-Colombia). Revista Ingeniería y Competitividad Universidad del Valle 1: 17-27.

Bohórquez, H., G. Reinoso & G. Guevara. 2011. Seasonal size distribution of *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) in an Andean tropical river. Revista Colombiana de Entomología 37(2): 305-312.

Braak, C. J. F. ter, & P. Smilauer. 2009. Canoco. Wageningen: BiometrisPlant Research International.

Caicedo, O. & J. Palacio. 1998. Los macroinvertebrados bentónicos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). En: Actualidades Biológicas. Vol. 20, No. 69.

Carranza, X. 2006. Evaluación de la fauna de Dípteros (Insecta: Díptera) acuáticos de las cuencas de los río Prado y la parte baja de Amoyá en el departamento del Tolima. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología, Ibagué. 206p.

Castañeda, A., N. Medina, A. Méndez & F. Quimbayo. 1989. Estudio morfométrico y hidroclimatico de la subcuenca del río Opia, departamento del Tolima (CEDAR). 45p.

Caupaz, F. 2006. Estudio de los coleópteros acuáticos de las cuencas de los ríos Prado y la parte baja de Amoyá en el departamento del Tolima. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Ibagué. 202p.

Clesceri, L.S., A.E. Greenberg & A.D. Eaton. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D. C. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environment Federation. 2462p.

Domínguez, E., C. Molineri, M. Pescador, M. Hubbard & C. Nieto. 2006. *Ephemeroptera de América del sur*. *Biodiversidad Acuática en América Latina.* Volumen 2. PENSOFT Publishers. 646p.

Domínguez, E. & H. fernández. (eds.). 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericando: sistematica y biología*. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo. 654p.

Elosegi, A. & S. Sabater. 2009. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Primera edición. Edición en español Fundación BBVA. 424p.

González, I. & G. Reinoso. 2010. Odonatos inmaduros de la cuenca del ríoOpia departamento del Tolima- Colombia. *III Congreso Colombiano de zoología. Resumen del congreso,Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad.* Medellín. 243-244p.

Guevara, G. 2004. Análisis faunístico del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del Río Coello departamento del Tolima. Trabajo de grado (M.Sc.). Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Ibagué. 195p.

Gutiérrez, C. 2007. Estudio de los efemerópteros (Insecta) inmaduros de la cuenca del Río Prado y de la cuenca del Río Saldaña (subcuenca Amoyá) departamento del Tolima. Ibagué. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Biología. 221 p.

Hahn-Vonhessberg, C., D. Toro, A. Grajales, G. Duque & L. Serna. 2009. Determinación de la calidad del agua mediante Indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de Palestina, Colombia. Boletín científico centro de museos, museo de historia natural. Vol. 13 (2): 89-105.

Hammer, O., D. A. T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica. 9p.

Hilsenhoff, W. 1988. Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index.Journal of the North American Benthological Society No. 7: 65- 68.

Klemm, D.J., P.A. Lewis., F. Fulk & J.M. Lazorchak. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/600/4-90/030.US.*Enviromental Protection Agency.EnviromentalMonitoring systems Laboratory*. Cincinnati, Ohio 45268. 253p.

López, E. 2007. Análisis faunístico de las larvas del orden Trichoptera en la cuenca del río Prado y la subcuenca de Amoyá (Tolima-Colombia). Trabajo de grado (Biólogo). Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Ibagué. 176p.

Manzo, V. 2005. Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 40 (3): 201-208.

Merritt, W. & W. Cummins. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Cuarta edición. Kendall/Hunt Publishing Company. 1158p.

Oviedo, N., X. Carranza, & G. Reinoso. 2010. Estudio de los dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Opia, departamento del Tolima. *III Congreso Colombiano de zoología. Resumen del congreso,Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad.* Medellín, p 232.

Parra, T. 2008. Estudio de los hemípteros (hemiptera: heteroptera) de la cuenca del río Totare (Tolima - Colombia) taxonomía, distribución, diversidad y algunos aspectos ecológicos. Trabajo de grado (Biólogo), Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Ibagué. 125 p.

Posada, J., G. Roldán & J. Ramírez. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Revista de Biología Tropical 48(1): 59-70.

Posada, J. & G. Roldán. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. Caldasia 25: 169-192.

Prat, N., B. Ríos, R. Acosta & M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: E. Domínguez & H. Fernández (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericando: sistematica y biología*. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Ramírez, A. & G. Viña. 1998. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadística de análisis.* Bogotá. Fundación universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 281p.

Reinoso, G. 1998. Estudio de los Efemerópteros de Río Combeima en el

trayecto de comprendido entre Juntas y el Totumo. Bogotá. Trabajo de grado (M.Sc.). Universidad de los Andes. 83 p.

Reinoso, G. 2001. Estudio bioecológico de los tricópteros del río Alvarado en el trayecto comprendido entre El Salado y Alvarado Tolima. Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento del Tolima. 79 p.

Reinoso, G., G. Guevara, M. Vejarano, J. García & F. Villa. 2007a. Evaluación del rio Prado a partir de los macroinvertebrados y de la calidad del agua. Revista de la asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 19:141-154.

Reinoso, G., G. Guevara, M. Vejarano, D. Arias & F. Villa. 2007b. Aspectos bioecologicos de la fauna entomológica de la cuenca mayor del río Coello-Departamento del Tolima. Revista de la asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 19:65-71.

Reinoso, G., F. Villa, J. García, M. Vejarano & H. Esquivel. 2008a. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del rio Saldaña (subcuenca Anamichú)-Biodiversidad Regional Fase IV. Informe final. Universidad del Tolima, Ibagué. 569p.

Reinoso, G., F. Villa, J. García, M. Vejarano & H. Esquivel. 2008b. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del rio Lagunillas. Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 965p.

Reinoso, G., F. Villa, J. García & M. Vejarano. 2009a. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Recio-Biodiversidad regional fase V. Informe final. Universidad del Tolima, Ibagué. 363p

Reinoso, G., F. Villa, J. García & M. Vejarano. 2009b. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuencas Mendarco y Guanábanos). Biodiversidad regional fase V. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 443p.

Reinoso, G., F. Villa, S. Losada, J. García & M. Vejarano. 2010a. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca del río Gualí. Biodiversidad regional fase VI. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 560p.

Reinoso, G., F. Villa, S. Losada, J. García & M. Vejarano. 2010. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca del río Sumapaz. Biodiversidad regional fase VI. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 378p.

Roldán, G. 1996. *Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía*. Bogotá, Colombia: Fondo FEN. 218p.

Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en colombia: Uso del método BMWP/Col.* Editorial Universidad Antioquia. Medellin, Colombia. 170p.

Roldán, G. & J.J. Ramírez. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellin. 440p.

Springer, M. 2010. Biomonitoreo acuático. Revista de Biología Tropical 58:53-59.

Vásquez, J., F. Ramírez, G. Reinoso & G. Guevara. 2010. Distribución espacial y temporal de los Tricópteros inmaduros en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia). Caldasia 32(1): 129-148.

Vásquez, J & G. Reinoso. 2012. Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. Revista Colombiana de Entomología 38 (2): 351-358.

Vásquez, J. G. Guevara & G. Reinoso. En prensa. Impactos de la urbanización y agricultura en cuencas con bosque seco tropical: influencia sobre la composición y estructura de larvas de Tricópteros. Revista de la asociación Colombiana de Ciencias Biológicas.

Vieira, D. 2004. Distribuição e chave taxonômica de gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) naAmazônia Central, Brasil. Trabajo de

grado (M.Sc. Ciencias Biológicas). Instituto Nacional de Pesquisas Da Amazônia – INPA, Universidad Federal do Amazonas – UFAM. Manaus, Brasil.130p.

Villa, F., G. Reinoso, M. Bernal & S. Losada. 2003. Biodiversidad faunística de la Cuenca del río Coello Biodiversidad Regional fase I. Informe final. Universidad del Tolima. Ibagué. 960p.

Villa, F., G. Reinoso, M. Bernal, S. Losada, H. Esquivel, J. García & M. Vejarano. 2005a. Biodiversidad faunística de la Cuenca del río Prado-Biodiversidad Regional fase II. Informe final. Universidad del Tolima. Ibagué. 1308p.

Villa, F., G. Reinoso, M. Bernal, S. Losada, H. Esquivel, J. García & M. Vejarano. 2005 Biodiversidad faunística de la Cuenca del río Amoyá-Biodiversidad Regional fase II. Iinforme final. Universidad del Tolima. Ibagué.

Recibido: 22/08/2012
Aceptado: 07/08/2013